

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-122661

(P2002-122661A)

(43) 公開日 平成14年4月26日 (2002. 4. 26)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>  
G 0 1 S 13/34  
7/28

識別記号

F I  
G 0 1 S 13/34  
7/28

テームト(参考)

5 J 0 7 0

A

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2000-312173(P2000-312173)

(22) 出願日 平成12年10月12日 (2000. 10. 12)

(71) 出願人 000237592

富士通テン株式会社

兵庫県神戸市兵庫区御所通 1 丁目 2 番 28 号

(72) 発明者 生野 雅義

兵庫県神戸市兵庫区御所通 1 丁目 2 番 28 号

富士通テン株式会社内

(74) 代理人 100077517

弁理士 石田 敬 (外 4 名)

F ターム(参考) 5J070 AB17 AC02 AC06 AE01 AF03

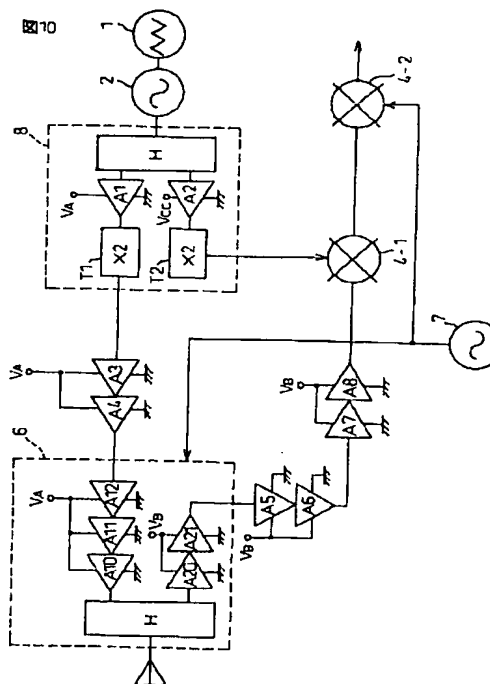
AH26 AK06 AK28 BA01

(54) 【発明の名称】 1 アンテナ時分割制御方式 FM-CW レーダ

(57) 【要約】

【課題】 1 アンテナ時分割制御方式の FM-CW レーダにおいて、送受信間の分離を向上させ、送信電力が送受信切替部を介して受信系に漏洩しないようにする。

【解決手段】 送信系及び受信系の信号経路にそれぞれ増幅器を設け、送信と受信のタイミングに合わせて送信系に設けられた増幅器及び受信系に設けられた増幅器を交互に動作させ、送受信の切替を行うものである。そして、該増幅器の動作は増幅器の利得を制御することにより行う。また、利得を制御することにより増幅器をオン、オフ動作させる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 送信系及び受信系の信号経路にそれぞれ増幅器を設け、送信と受信のタイミングに合わせて該送信系に設けられた増幅器及び受信系に設けられた増幅器を交互に動作させ、送受信の切替を行うことを特徴とする1アンテナ時分割制御方式FM-CWレーダ。

【請求項2】 前記増幅器の動作は増幅器の利得を制御することにより行うことを特徴とする、請求項1に記載の1アンテナ時分割制御方式FM-CWレーダ。

【請求項3】 前記増幅器の動作はオン、オフ動作であることを特徴とする、請求項1に記載の1アンテナ時分割制御方式FM-CWレーダ。

【請求項4】 前記増幅器は多段接続されていることを特徴とする、請求項1に記載の1アンテナ時分割制御方式FM-CWレーダ。

【請求項5】 前記増幅器は送信系及び受信系の信号経路にそれぞれ複数箇所設けられていることを特徴とする、請求項1に記載の1アンテナ時分割制御方式FM-CWレーダ。

【請求項6】 送信系の信号経路に設けられた通信器により送受切替動作の一部を行なわせることを特徴とする、請求項1に記載の1アンテナ時分割制御方式FM-CWレーダ。

【請求項7】 アンテナに受動素子からなる送受共用器が接続されたことを特徴とする、請求項1に記載の1アンテナ時分割制御方式FM-CWレーダ。

【請求項8】 前記受動素子は、ハイブリッド回路又はY型電力分配器であることを特徴とする、請求項7に記載の1アンテナ時分割制御方式FM-CWレーダ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、1アンテナ時分割制御方式FM-CWレーダの送受切替に関し、特に送信系と受信系の分離を確実に行う手段に関する。

## 【0002】

【従来の技術】目標物体との相対速度と距離を計測するレーダ方式として、FM-CWレーダが用いられている。この方式のレーダは、簡単な信号処理回路により先方車両との相対速度および距離を測定でき、また送受信

$$fb = fr = (4 \cdot \Delta f / C \cdot T_m) r$$

一方、図3は目標物体との相対速度がvの場合のFM-CWレーダの原理を説明するための図である。送信波は図3(a)の実線に示すように周波数が増加する。この送信波は目標物で反射されてアンテナで受信され、図3の(a)の破線で示す受信波となる。この受信波はレー

$$fb = fr \pm fd$$

$$= (4 \cdot \Delta f / C \cdot T_m) r \pm (2 \cdot f_0 \cdot C) v \quad (2)$$

上記式(1)、(2)において、各記号は以下を意味する。

fb : 送受信ビート周波数

機も簡単に構成できるため、自動車の衝突防止用レーダとして用いられている。

【0003】FM-CWレーダの原理は以下の通りである。発振器を例えば数百Hzの三角波等によりFM変調してFM変調波を送信し、目標物体からの反射信号を受信しFM変調波をローカルとして受信信号をFM検波する。目標物体からの反射波は、レーダと目標物体間の距離に応じて、また、相対速度によるドップラシフトに応じて送信信号とのずれ(ビート)を起こす。従って、この周波数のずれから目標物体との距離と相対速度を計測することができる。

【0004】FM-CWレーダ装置においては、変調用信号として三角波が用いられる場合が多く、以下の記載では変調用信号として三角波を用いた場合について説明するが、三角波の外にものこぎり波や台形波等の三角波以外の変調波を用いることができる。図1は1アンテナ方式のFM-CWレーダの構成を示した図である。図1に示すように、電圧制御発振器2に変調信号発生器1から変調用信号を加えてFM変調し、FM変調波をサーキュレータ5を介してアンテナATから外部に送信する。そして、送信され先方車両等の目標物体で反射された反射信号をアンテナATで受信し、サーキュレータ5を介して周波数変換器4に入力する。入力した信号は周波数変換器4で方向性結合器3を介して供給される電圧制御発振器2からの出力から分岐されたローカル信号とミキシングされビート信号を生成する。

【0005】図2は、目標物体との相対速度が0の場合のFM-CWレーダの原理を説明するための図である。この場合送信波は三角波で図2の(a)の実線に示すように周波数が増加する。送信波の中心周波数は $f_0$ 、FM変調幅は $\Delta f$ 、繰り返し周期は $T_m$ である。この送信波は目標物体で反射されてアンテナで受信され、図2の(a)の破線で示す受信波となる。目標物体との間の電波の往復時間は、目標物体との間の距離をrとし、電波の伝播速度をCとすると、 $T = 2r/C$ となる。

【0006】この受信波はレーダと目標物体間の距離に応じて、送信信号との周波数のずれ(ビート)を起こす。このビート周波数成分はfb次の式で表すことができる。

(1)

ダと目標物体間の距離に応じて、送信信号との周波数のずれ(ビート)を起こす。この場合、目標物体との間に相対速度vを有するのでドップラシフトとなり、ビート周波数成分fbは次の式で表すことができる。

## 【0007】

fr : 距離周波数

fd : 速度周波数

f0 : 送信波の中心周波数

$\Delta f$  : FM変調幅

$T_m$  : 変調波の周期

$C$  : 光速(電波の速度)

$T$  : 目標物体までの電波の往復時間

$r$  : 目標物体までの距離

$$Pr = \{ (G^2 \cdot \lambda^2 \cdot \sigma \cdot Pt) / ((4\pi)^3 \cdot r^4) \} \cdot La \quad (3)$$

で表すことができ、ビート出力電力 $P_b$ は

$$P_b = Pr \cdot C_{mix} \quad (4)$$

で表すことができる。

【0009】上記式(3)、(4)において、各記号は以下を意味する。

$G$  : アンテナ利得

$\lambda$  : 波長

$\sigma$  : 反射物体面積

$P_t$  : 送信電力

$r$  : 目標物体までの距離

$La$  : 大気減衰

$C_{mix}$  : ミキサでの変換損失

【0010】

【発明が解決しようとする課題】図4は1アンテナ時分割制御方式のFM-CWレーダの構成を示した図である。図4に示すように、アンテナを送受信用アンテナATとし、スイッチング手段よりなる送受信切替部6を備え、時分割制御により送受信を切り替えている。また、受信側には第1の周波数変換器4-1と第2の周波数変換器4-2が設けられている。

【0011】電圧制御発振器2に変調信号発生器1から変調用信号を加えてFM変調された出力は送受信切替部6を介してアンテナATから外部に送信される。7は変調信号発生器で、送受信切替部6をスイッチングさせるため周波数 $f_{sw}$ の変調信号を発生する。先方車両等の目標物体で反射された反射信号をアンテナATで受信し、送受信切替部6を介して入力し、第1の周波数変換器4-1で方向性結合器3を介して供給される電圧制御発振器2からの出力から分岐されたローカル信号とミキシングされIF信号となる。第2の周波数変換器4-2は第1の周波数変換器4-1から出力された信号を変調信号発生器7から発生した周波数 $f_{sw}$ の信号とミキシングしてダウンコンバートし、目標物体との距離および相対速度の情報を含むビート信号を発生する。

【0012】図5は、図4の1アンテナ時分割制御方式FM-CWレーダ方式の第1の周波数変換器4-1の出力信号であるIF信号の周波数スペクトルと、第2の周波数変換器4-2から出力されたビート信号の周波数スペクトルの一例を示した図である。図5(a)に示すように、IF信号の周波数スペクトルは周波数 $f_{sw}$ とそのサイドバンドの周波数 $f_{sw} \pm f_r$ となる。ここで、 $f_r$ は送受信切替部6のスイッチング周波数であり、 $f_r$ は相対速度がゼロの目標物体までの距離周波数である。そして、目標物体との距離が遠いほどサイドバンドの周波数

$v$  : 目標物体との相対速度

そして、上記式(1)、(2)より、目標物体までの距離と目標物体との相対速度を求めることができる。

【0008】ここで、ビート信号の電力を考えてみると、アンテナの受信電力 $Pr$ は、

は $f_{sw}$ から離れる。この出力信号は第2の周波数変換器4-2において周波数 $f_{sw}$ の信号とミキシングされ、 $f_{sw}$ と $f_{sw} \pm f_r$ の差の周波数にダウンコンバートされて周波数スペクトル $f_b$ を有するビート信号が取り出される。

【0013】図6は1アンテナ時分割制御方式FM-CWレーダの送受信のタイミングを示した図である。

(a)に示すように周期 $T$ を有するタイミングで送信すると、ターゲットに反射して戻ってきた反射波のタイミングは(b)のようになる。しかし、受信可能な期間である受信タイミングは(c)に示すように送信タイミング(a)とオーバーラップしないタイミングとなる。したがって、反射波を受信できるタイミングは(d)のように $t_d$ の間となる。

【0014】上記の1アンテナ時分割制御方式FM-CWレーダの場合、送信のタイミングと受信のタイミングを交互に切り替えているため、送信電力が送受信切替部6を介して受信系に漏洩することがある。そして、それにより受信系の飽和利得の圧縮の発生、受信系への送受信切替周波数の漏洩の増加、あるいはFM-AM変換雑音の増加等の問題が発生する。

【0015】FM-AM変換雑音の増加について説明する。バラクタダイオードを用いる電圧制御発振器や、ゲート電圧を可変する電圧制御発振器に変調をかける場合、バラクタダイオードに印加される電圧やゲートに印加される電圧によって電圧制御発振器から出力する信号の周波数および電力が変化する。図7は、バラクタダイオードやゲートに印加される電圧と周波数、電力等の関係を示したグラフである。

【0016】図7(a)に示すように、バラクタダイオードやゲートに印加される電圧 $V_T$ を $V_c$ を中心に $V_a$ と $V_b$ に変化させると、周波数は $f_c$ を中心に $f_a$ と $f_b$ に変化する。同様に図7(b)に示すように、電力は例えば一定の値 $P_c$ となり変化しないことが理想的であるが、実際は $P_c$ を中心に $P_a$ と $P_b$ に変化する。一方、周波数変換器においてAM検波によって発生する電圧 $V_d$ は電力 $P$ に応じて変化するので、図7(c)に示すように $V_{dc}$ を中心に $V_{da}$ と $V_{db}$ に変化する。

【0017】図8は変調信号発生器から電圧制御発振器に供給される信号と、その場合の電圧 $V_d$ の波形を示したものである。図8(a)は、変調信号発生器から電圧制御発振器に供給される信号で、図に示すように三角波

となる。一方、(a)に示す信号電圧が電圧制御発振器に供給された場合、図7(b)に示すように電力Pも変化するので電圧Vdの波形は同様に三角波となり、AM-FM変換雑音となる。

【0018】従って、本発明は1アンテナ時分割制御方式のFM-CWレーダにおいて、送受信間の分離を向上させ、送信電力が送受信切替部6を介して受信系に漏洩しないようにすることを目的とするものである。

【0019】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため、本発明1アンテナ時分割制御方式FM-CWレーダは、送信系及び受信系の信号経路にそれぞれ増幅器を設け、送信と受信のタイミングに合わせて送信系に設けられた増幅器及び受信系に設けられた増幅器を交互に動作させ、送受信の切替を行うものである。そして、増幅器の動作は増幅器の利得を制御することにより行うものである。また、利得を制御することにより増幅器をオン、オフ動作させるものである。

【0020】また、増幅器を多段接続し、さらに送信系及び受信系の信号経路にそれぞれ複数箇所設ける。また、ローカル信号の分岐部に設けられている逓倍器に送受切替動作の一部を行なわせる。また、アンテナに送信系からの送信信号を送り、かつアンテナから受信した信号を受信系に伝えるために設けられた送受共用器として受動素子を用いる。該受動素子として、例えばハイブリッド回路又はY型電力分配器を用いる。

【0021】

【発明の実施の形態】図9は図4に示す1アンテナ時分割制御方式FM-CWレーダの従来の構成を示した図である。電圧制御発振器2に変調信号発生器1から変調用信号を加えてFM変調し、FM変調された変調波はローカル信号分岐部8に inputs。FM変調波は例えば3SGHz帯である。ローカル信号分岐部8はハイブリッド回路H等の受動素子、増幅器A1、A2、及び逓倍器T1、T2を有し、ハイブリッド回路Hからの出力は増幅器A1、逓倍器T1を介して増幅器A3、A4に供給される。ハイブリッド回路Hからの他方の出力は増幅器A2、逓倍器T2を介してローカル信号として周波数変換器4-1に供給される。ハイブリッド回路Hからの出力は、逓倍器T1、T2で逓倍され、例えば76GHzとなる。増幅器A3、A4の出力は送受信切替部6を介して送信用アンテナATから外部に送信される。送信された変調波は先方車両等の目標物体で反射されアンテナATで受信され、送受信切替部6、増幅器A5、A6及び増幅器A7、A8を介して周波数変換器4-1に inputs。そして逓倍器T2からのローカル信号とミキシングされIF信号となる。図9において、Vccは増幅器に供給される電源である。7は変調信号発生器で、送受信切替部6をスイッチングさせるための周波数fswの変調信号を発生する。周波数変換器4-1から出力したIF信

号は、周波数変換器4-2において変調信号発生器から出力される周波数fswの信号とミキシングされ、ダウンコンバートされて目標物体との距離及び相対速度の情報を含むビート信号を発生する。

【0022】図9に示した構成の場合、先に述べたように、送受信切替部6によって送信と受信のタイミングを交互に切り替えているため、送信電力が送受信切替部6を介して受信系に漏洩するという問題がある。本発明はこのような問題を解決するものである。図10は本発明による1アンテナ時分割制御方式FM-CWレーダの構成を示した図である。基本的構成は図9と同じであるので、図9と異なる部分を説明する。図10においては送受信切替部6として、送信側増幅器A10、A11、A12、送受共用器としてのハイブリッド回路H等の受動素子、及び受信側増幅器A20、A21を備えている。そして、図示の状態では送信系の増幅器A1、A3、A4、A10、A11、A12にはバイアス電圧としてVAが印加され、動作状態となりオンとなっており、受信系の増幅器A20、A21、A5、A6、A7、A8にはバイアス電圧としてVBが印加され、非動作状態となりオフとなっている。なお、増幅器A2には通常の電源電圧Vccが印加され、常時ローカル出力が周波数変換器4-1に供給される。上記バイアス電圧VA、VBは送信側と受信側に交互に印加される。例えば送信時には送信系増幅器にバイアス電圧VAが印加されて送信系の増幅器が動作し、受信時には受信系増幅器にバイアス電圧VBが印加されて受信系の増幅器が動作する。それによって送信時には受信系がオフとなり、受信時には送信系がオフとなって切り離されるため、送信電力が受信系に漏洩することがない。ただし、この場合、必ずしも増幅器がオン、オフするバイアス電圧でなくとも、送信電力が受信系に漏洩しない程度に動作、非動作となればよい。

【0023】図11は増幅器Aの構成を示した図である。ゲートGより信号が入力し、ドレインDより出力する。図12はゲートG又はドレインDのバイアス電圧を変化させた場合の増幅器Aの利得の変化を示したグラフである。(a)はゲート電圧VGを一定にしてドレインのバイアス電圧をVBからVAに変化させた場合の利得の変化を示したものである。バイアス電圧VBを印加したとき利得はGBとなり低くなる。このとき増幅器Aはほとんど動作せず、実質的にオフ状態となる。一方、バイアス電圧VAを印加したとき増幅器Aは動作状態となり、オン状態となる。

【0024】(b)はドレイン電圧VDを一定にしてゲートのバイアス電圧をVBからVAに変化させた場合の利得の変化を示したものである。バイアス電圧VBを印加したとき利得はGBとなり低くなる。このとき増幅器Aはほとんど動作せず、実質的にオフ状態となる。一方、バイアス電圧VAを印加したとき利得GAは高くなり、増幅器Aは動作状態となってオン状態となる。

【0025】上記のようにゲート又はドレインのバイアス電圧を変化させることによって、増幅器Aの動作をオン、オフ制御することができる。従って、図10において、送信時には送信系の増幅器のバイアスをVAとしてオン状態とし、一方、受信系の増幅器AのバイアスをVBとしてオフ状態とする。そして、受信時には反対にすることにより、送信系と受信系の分離を図ることができる。

【0026】図10に示す構成では、ローカル信号分岐部Sの増幅器A1、A2は通倍器T1、T2で通倍する前に配置し、低い周波数帯において増幅している。これは低い周波数帯の方が増幅器を作り易く、またオン、オフ動作をさせ易いためである。また、図10に示す構成では、増幅器を複数用い多段接続しているが、単数でもよい。しかし、複数の増幅器を多段接続することにより単数の場合より分離を確実にし調整がし易くなる。また、増幅器を送信系及び受信系ともに複数箇所設けているので、これらを同時にオン、オフすることにより確実に分離することができる。

【0027】また、上記説明では、増幅器により送受信の切替を行う旨述べたが、送信側においては、通倍器をオン、オフし、あるいは増幅器とともに通倍器をオン、オフすることによって行うこともできる。さらに、送受共用器としてハイブリッド回路又はY形電力分配器等の受動素子を用いることができる。ハイブリッド回路の例を図13に、またY形電力分配器の例を図14に示す。図13はラットレース形ハイブリッド回路である。

【0028】

【発明の効果】上記のように、本発明では1アンテナ時分割制御方式FM-CWレーダにおいて、送信系及び受信系の信号経路にそれぞれ増幅器を設け、該増幅器のバイアス電圧を変化させることによりこれら増幅器をオン、オフし、送信系と受信系を分離しているので確実に分離することができる。また、増幅器を送信系及び受信系のそれぞれに複数箇所設け、またこれら増幅器を多段に設けることにより、より確実に送信系と受信系を分離することができ、かつ調整し易いものとなる。

【0029】さらに、送受信切替部にハイブリッド回路やY形電力分配器等の受動素子を用いたため消費電力を低減することができ、また図9に示す送受切替部に用いるMMICのスイッチ部が不要となるので、バイアス条件の異なるICがなくなり、バイアス用回路の規模を縮小し、もってコストダウンを図ることができる。また、通倍器で送受信の切替を行い、あるいは通倍器の前に増幅器(A1、A2)を設け、低い周波数帯で動作させることにより、効率良く送受信間の分離を図ることができる。

【0030】そして、上記のように送受信間の分離を図ることによって、受信利得を適正に得ることができ、切替周波数のビート信号への漏れ、及びFM-AM変換雑音を低減することができ、受信機S/N比を向上させることができる。これによって、レーダの探知性能を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】1アンテナ方式FM-CWレーダの構成を示した図である。

【図2】FM-CWレーダの原理を説明する図である。

【図3】FM-CWレーダの原理を説明する図である。

【図4】1アンテナ時分割制御方式FM-CWレーダの構成を示した図である。

【図5】図4のレーダのIF信号の周波数スペクトルとビート信号の周波数スペクトルを示した図である。

【図6】1アンテナ時分割制御方式FM-CWレーダの送受信のタイミングを示した図である。

【図7】電圧制御発振器に印加される電圧と、出力周波数、出力電力、およびAM検波によって発生する電圧の関係を示したグラフである。

【図8】変調信号発生器から電圧制御発振器に供給される信号電圧と、AM検波によって発生する電圧の波形を示した図である。

【図9】1アンテナ時分割制御方式FM-CWレーダの従来の構成を示した図である。

【図10】本発明による1アンテナ時分割制御方式FM-CWレーダの構成を示した図である。

【図11】増幅器Aの構成の一例を示した図である。

【図12】ゲートG又はドレインDのバイアス電圧を変化させた場合の増幅器Aの利得の変化を示したグラフ

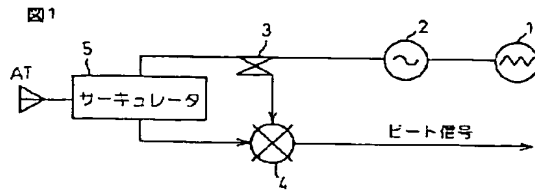
【図13】ハイブリッド回路の例を示した図である。

【図14】Y形電力分配器の例を示した図である。

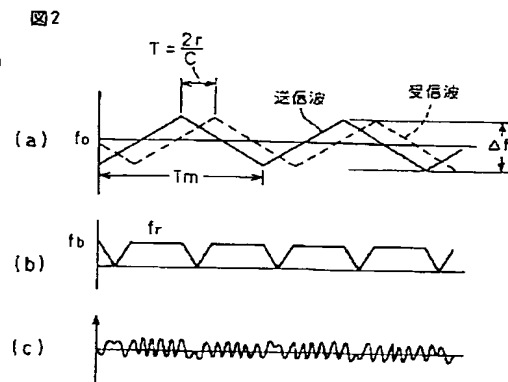
【符号の説明】

- 1…変調信号発生器
- 2…電圧制御発振器
- 3…方向性結合器
- 4…周波数変換器
- 4-1…第1の周波数変換器
- 4-2…第2の周波数変換器
- 5…サーキュレータ
- 6…送受信切替部
- 7…変調信号発生器
- AT…アンテナ
- A…増幅器
- T…通倍器
- VA、VB…バイアス電圧
- H…ハイブリッド回路

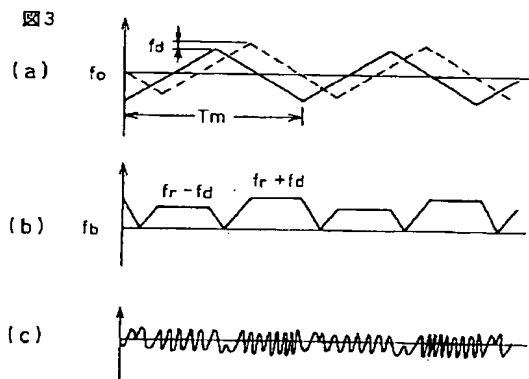
【図1】



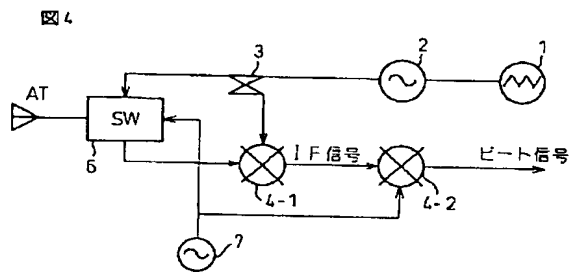
【図2】



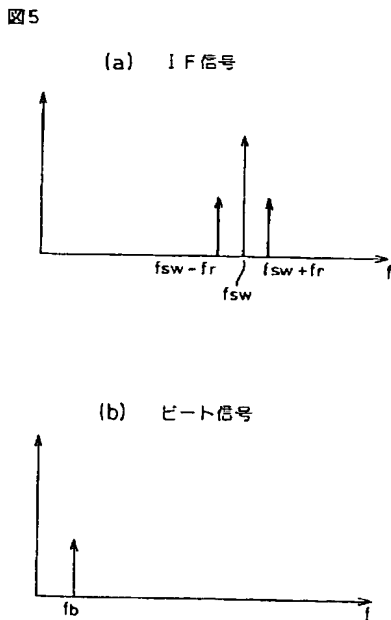
【図3】



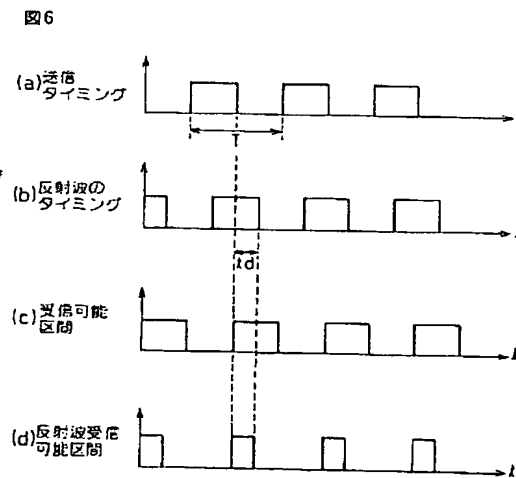
【図4】



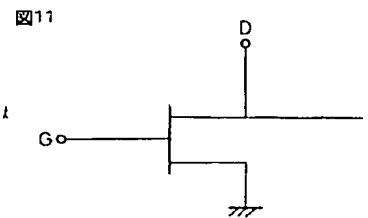
【図5】



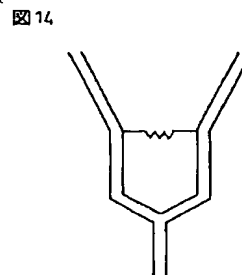
【図6】



【図11】

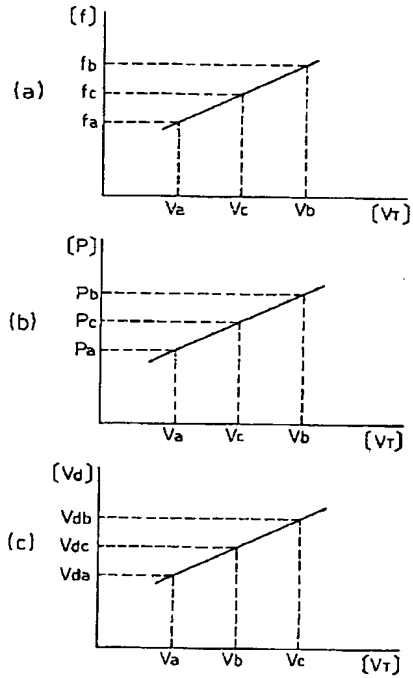


【図14】



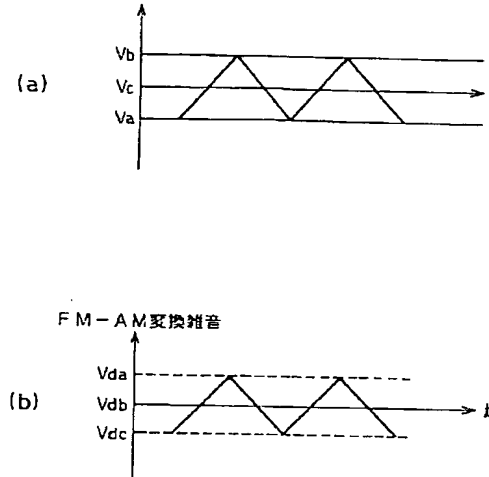
【図7】

図7



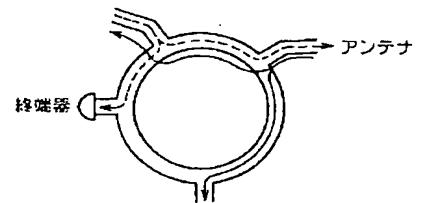
【図8】

図8

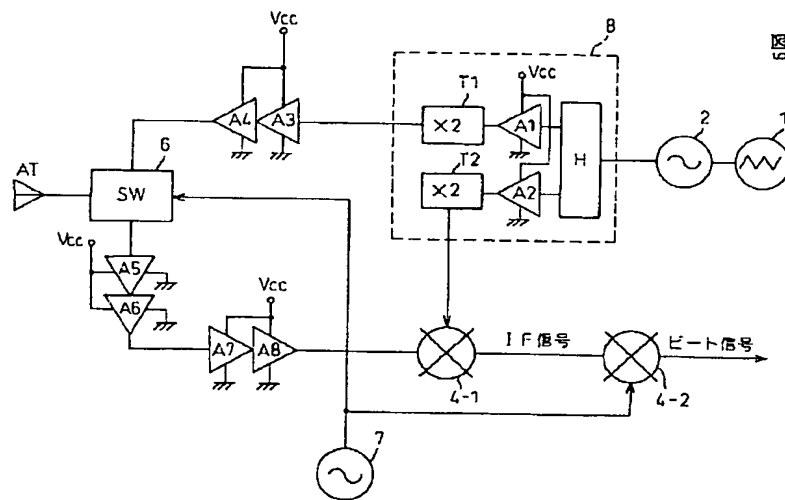


【図13】

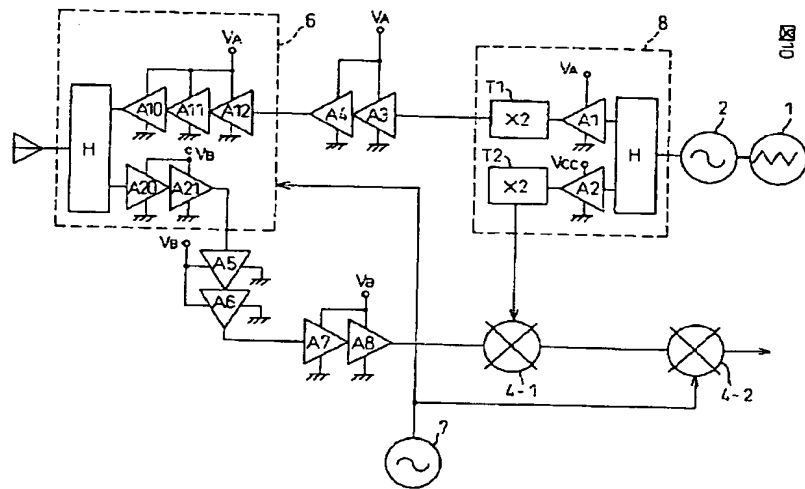
図13



【図9】



【図10】



【図12】

